

Indirekta effekter på marklavars abundans och diversitet vid ökad kvävehalt i marken

- En jämförelse mellan opåverkad och lågintensivt brukad mark

Indirekt effects on the abundance and diversity of terricolous lichens caused by an increased nitrogen level in the soil

- *A comparison between undisturbed and low-intensity utilized forest*



Foto: Anna Hallmén

Sara Svanlund och Emmelie Wahlgren

Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Sara Svanlund och Emmelie Wahlgren
Titel, Sv	Indirekta effekter på marklavars abundans och diversitet vid ökad kvävehalt i marken – En jämförelse mellan opåverkad och lågintensivt brukad mark
Titel, Eng	Indirect effects on the abundance and diversity of terricolous lichens caused by an increased nitrogen level in the soil. – A comparison between undisturbed and low-intensity utilized forest
Nyckelord/ Keywords	Lichens, nitrogen, competition, ground vegetation, Tjeggelvas
Handledare/Supervisor	Anders Jäderlund, Inst för skogens ekologi och skötsel
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2012

Indirekta effekter på marklavars abundans och diversitet vid ökad kvävehalt i marken

- En jämförelse mellan opåverkad och lågintensivt brukad mark

Indirect effects on the abundance and diversity of terricolous lichens caused by an increased nitrogen level in the soil

- A comparison between undisturbed and low-intensity utilized forest

Sara Svanlund och Emmelie Wahlgren



Foto: Anna Hallmén

Självständigt arbete 15 högskolepoäng
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

SAMMANFATTNING

Lavar är anpassade till öppna och ljusa skogar på näringsfattig mark. I miljöer med mycket näring konkurreras de ut på grund av sin långsamma tillväxt och ett stort ljusbehov. Det har lett till att lavar missgynnats av många produktionshöjande skogsskötselåtgärder. Den biologiska mångfalden och renbetesmarker drabbas om lavmarker försvinner. För att skydda lavrika ekosystem är det viktigt att förstå hur lavars abundans och diversitet påverkas av ökad tillgång på marknäring och hur länge gödslingseffekten består.

Vi har registrerat lavars biomassa och artantal på åtta provytor (fyra kväverika och fyra kvävefattiga) och gjort en jämförelse mellan kväveberikade samevisten och deras näringsfattiga omgivning i naturreservatet Tjeggelvas. Vi har utgått från att samtliga ytor ursprungligen haft samma näringsstatus och att organiskt avfall tillförts de kväverika visterna för mer än hundra år sedan. Resultaten indikerar att både artantal och biomassa hos lavar minskar med ökad kvävehalt i humuslagret och att effekten består efter hundra år. Ett signifikant samband påvisades även mellan fältvegetationens totala biomassa (främst lingon (*Vaccinium vitis-ideae*)) och lavarnas artantal och biomassa. I trädkiktet påverkade endast björkbiomassan (*Betula pendula*) lavarna och sambandet kunde inte kopplas till markkvävehalten. Det fanns en skillnad mellan enskilda lavararter där grå och gulvit renlav (*Cladina rangiferina* & *C. arbuscula*) tolererade högre näringshalt än till exempel påskrislavar (*Stereocaulon spp.*). På grund av ett litet dataset, begränsat till åtta provytor, kan statistiken inte säkerställas men resultaten ligger i linje med etablerad forskning.

Nyckelord: Lavar, Kväve, Konkurrens, Markvegetation, Tjeggelvas

ABSTRACT

Lichens are adapted to bright and sparse forests on oligotrophic ground. Due to a slow growth rate and high light demand lichens will suffer from competition in eutrophic environments. Therefore, lichens have disappeared from managed forests where the forest industry has increased the productivity. A reduced abundance of lichens will affect both biodiversity of the forest and the reindeer winter graze lands. It is important to understand how and for how long fertilization affects the abundance and diversity of lichens in order to protect lichen rich ecosystems.

We have registered the biomass and number of lichen species in eight plots (four nitrogen rich and four nitrogen deficient) and compared fertilized Sami settlements with their oligotrophic surroundings in the nature reserves of Tjeggelvas. We have assumed that all plots initially had the same nutritional status and that a supply of organic leavings fertilized the settlements more than hundred years ago. The results indicate a long lasting (>100 years) decrease in both number of lichen species and amount of biomass with increased levels of nitrogen in the humus layer. We also found a significant correlation between field vegetation (mostly *Vaccinium vitis-ideae*) and lichen abundance and diversity. *Betula pendula* was the only tree species affecting the abundance and diversity of lichens and no significant connection with soil nitrogen was found. Individual lichen species differed in nitrogen tolerance, with *Cladina rangiferina* and *Cladina arbuscula* being more widely abundant than for example *Stereocaulon spp.* A small set of data, restricted to eight plots, makes statistical calculations doubtful but the results are consistent with established studies.

Keywords: Lichens, Nitrogen, Competition, Ground vegetation, Tjeggelvas

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Sammanfattning	1
Abstract	1
2. Inledning	3
3. Metod och material	6
4. Resultat	8
5. Diskussion	12
6. Tillkännagivanden	15
7. Referenser	16

INLEDNING

För tjugo år sedan (1992) skrev Sverige under *konventionen för biologisk mångfald* som skapats av FN för att skydda jordens arter mot utrotning (CBM 2010). Sverige förband sig till att bevara vårt lands variationsrikedom från gen- till landskapsnivå, och att bruka den uthålligt. Till följd av detta startades år 1995 *Centrum för biologisk mångfald* (CBM) med uppgift att forska kring och informera om Sveriges biodiversitet (CBM 2010). Forskningen visade ett tydligt samband mellan ökad mänsklig påverkan och minskad variationsrikedom (Biodiverse 1999). I dagsläget riskerar mer än 4000 av Sveriges djur- och växtarter, däribland 300 av våra drygt 2300 lavararter, att försvinna om inte åtgärder vidtas (CBM 2010; Hultgren 2003). För att skydda den biologiska mångfalden satte naturvårdsverket år 2010 upp miljömål som anger att: "*Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas.*" och "*Skogens och skogsmarkens värde för biologisk produktion ska skyddas samtidigt som den biologiska mångfalden bevaras samt kulturmiljövärden och sociala värden värnas.*" (Miljömålsportalen 2012). Om målen ska uppnås krävs kunskap om hotet mot känsliga artgrupper och deras livsmiljöer (de Jong 2002). Vår rapport är ett steg på vägen mot bevarandet av lavar och de kulturmiljövärden de genererar.

Lavar är en livsform som uppstod under tidsåldern devon för 400 miljoner år sedan och den är en symbios mellan en svamp och en alg (grönalger och/eller cyanobakterier) (Nash III 1996; Johansson 2009). Svampen reproduceras sexuellt och sprids med sporer som måste associeras med en lämplig alg för att en lavbål ska bildas (Seymore 2007). Vid asexuell förökning kan lav och svamp spridas gemensamt och det är därmed en viktig reproduktionsstrategi hos många lavararter (Holmåsen & Moberg 1982). Algkomponenten (fotobionten) försörjer organismen med energi och fixerar kväve hos vissa lavararter (Okasanen 2006). Kvävefixering är dock förbehållet de 10 % av Sveriges lavar där fotobionten är en cyanobakterie. Då lavar saknar rötter sker det huvudsakliga näringsupptaget via regnvatten eller dropp från krontaket och absorberas direkt via lavbålen (Cornelissen m.fl. 2007; Pharo m.fl. 1999). De är därmed mindre beroende av markens kväveinnehåll än växter med rötter. Vid torka försätts lavarna i vila för att fortsätta växa när de återfuktas. Det gör att de kan växa på utsatta platser med lite marknäring, mycket solljus och extrema temperaturer, i samtliga klimatsystem (Okasanen 2006; Nash III 1996; Holmåsen & Moberg 1982). Dock återfinns lavrika samhällen sällan på näringsrik mark (Hägglund & Lundmark 1994)). Detta kan förklaras med att näringsrika ekosystem, till skillnad från stressande eller störda system, skapar en mellanartskonkurrens som missgynnar lavsamhället (Okasanen 2006). Likväl är åtta procent av jordens landyta är lavbevuxen (Crittenden 1989) och i Sverige växer lika stor andel (7,8 %) av produktionsskogarna på lavrika marker (lavmark, lavrik typ och lavrik vitmossa)¹. Dessa skogsmarkstyper karaktäriseras ofta av låg slutenhet och etableras naturligt på näringsfattig morän- eller sedimentmark med grov textur (Lantmäteriets vegetationsdata 2008). På marken växer renlav (*Cladina spp.*), påskrislav (*Stereocaulon spp.*) och filtlav (*Peltigera spp.*) i tjocka täcken. Rapportens fokus ligger hädanefter på dessa skogslevande marklavar.

Lavarnas förmåga att absorbera luftburna ämnen direkt genom lavbålen gör dem känsliga för luftföroreningar. Därför försvann många lavararter från Europas större städer under den tidiga industrialismen (Gries 1996). Det fick forskare att undersöka hur mänskliga aktiviteter påverkar lavsamhället, en frågeställning som fortfarande är aktuell. En nutida undersökning om markvegetationens utbredning i unga (20-50 år) boreala skogar visade att dubbelt så många lavararter växte i semi-naturlig skog som i produktionsskog på motsvarande ståndorter

¹ Data erhållen från Johan Dahlgren ur riksskogstaxeringens register, 2012-03-20.

(Uotila 2004). Uotila (2004) föreslog att lavdiversitet och då främst bägarlavarter kan användas som ett mått på hur orörd skogen är. Lavar är känsliga för mekanisk-, biologisk- och kemisk störning vilket medför en utmaning för svenskt skogsbruk att lyckas bevara lavdiversiteten i Sveriges skogar (Ruoss 1999, de Jong 2002, Routier 2009).

Skogar bevuxna med renlav, islandslav (*Cetraria islandica*), trattlav (*Cladonia spp.*) och påskrislav är av kulturell och ekonomisk betydelse för renskötseln i norra Sverige (Gustavsson 1989). I naturreservatet Tjeggelvas som är en av få europeiska barrskogar som undgått påverkan från modernt skogsbruk syns fortfarande samiska kulturspår från förra seklet (Josefsson m.fl. 2010). På den tiden levde samerna av naturen. De samlade ätbara växter och skar ut innerbarken från tall (Aronsson 1991). Myrar (sommartid) och lavhedar (vintertid) användes till renbete. Skogarna påverkade samernas liv och samerna påverkade skogen (Gustavsson 1989). Det syns tydligt i Tjeggelvas, vars glesa tallskog präglats av plockhuggning av ved, virke och lavstubbar (stubbar efter träd som huggits för att ge renarna tillgång till hänglav vid svåra snöförhållanden) (Josefsson m.fl. 2010). Den ris- och lavdominerade vegetationen har förändrats mot gräs- eller örttyp på gamla bosättningar, något som ofta observeras på forntida samevisten där skogen påverkats av utglesning, tramp, bete och näringstillförsel (Josefsson m.fl. 2010; Aronsson 1991; Gustavsson 1989).

Idag har ny teknik förändrat och ibland förenklat renskötseln (Routier 2009). Ändå är samerna fortfarande beroende av naturen och då särskilt de lavrika skogar som vintertid fodrar renarna (Gustavsson 1989). En skandinavisk renbetesmark producerar upp till 175 kilo renlav per hektar och år (torrvikt) och en renhona behöver vintertid gräva fram och äta 2,9 kilo renlav per dygn (torrvikt) för att tillfredsställa sitt näringsbehov (Eriksson & Moen 2008; Hollenman m.fl. 1979). Nettoarealen vinterbetesmark i Sverige uppskattades år 1966 till 534,000 hektar och borde vid maximal lavtillväxt tåla betetrycket från sammanlagt 150,000 renar under de 7 månader renarna får vistas i vinterbetesområdet (Gustavsson 1989; SOU 2006:14). Under samma period (1966) fanns 200,000 renar registrerade i Sverige (Gustavsson 1989). Det kan delvis förklaras av att fodertillgången även vintertid beror av annat än bara lavproduktion, till exempel tillgång till kvarvarande svamp och torra kärlväxter men det visar samtidigt att trycket på vinterbetesmarker är hårt. Niklas Alm, renskötare i Östra Kikkejaure², upplever att utrymmet för rennäring har begränsats under de senaste 15 åren till följd av hård konkurrens med andra verksamheter, såsom bebyggelse, jordbruk och skogsbruk.

Konflikten med skogsbruket tog fart i samband med 1948 års skogsvårdslag som yrkade på virkesinriktad skötsel och ökad produktivitet (Berg m.fl. 2008; Ekbergh & Hamilton, 2001). Det nya intensiva skogsbruket ledde till täta men lavfattiga skogar (Berg m.fl. 2008). De stod i kontrast mot de betesvänliga lav-tallhedar som dessförinnan skapats av selektiv plockhuggning, kombinerad med en förhindrad brandregim. Frågor om hur och för vem skogsbruket skulle skötas växte fram. Idag utpekas skötselåtgärder såsom att lämna hyggesavfall, markberedning, hyggesbränning och gödsling som negativa för lavförekomsten (Gustavsson 1989).

Den Skandinaviska virkesproduktionen begränsas av ett stort underskott på markkväve (Kellner 1993). Många skogsägare väljer därför att gödsla sina bestånd med urea eller ammonium för att förbättra tillväxten. Gödsling med ammonium sänker markens pH medan ureatillförsel resulterar i en alkalisering (Lindberg & Persson 2004). Det förändrade pH-värdet kan få negativa konsekvenser för lavarnas symbios och kvävefixeringskapacitet (Nash III 1996). Gödsling med urea kan dessutom ge direkta skador i form av nekroser på lavbålen

² Niklas Alm, renskötare i Östra Kikkejaure renskötselområde. Intervjuad under sameveckan 2012-03-08.

om givan sprids vid torrt väder. Gerhardt och Kellner (1986) menar att även ammonium verkar toxiskt på lavar samt att renlavar är känsliga mot förhöjd kvävehalt i marken. Det finns dock en variation i kvävetolerans mellan lavararter vilket resulterar i att kvävegödslade marker ofta domineras av ett fåtal nitrofytiska (kvävetoleranta) arter (Ruoss 1999).

Vi vill undersöka om lavarnas abundans och diversitet påverkas långsiktigt av förhöjd markkvävehalt trots att lavar saknar rötter och tar upp sin näring direkt via bålen (Nash III 1996). Vår hypotes är att fältvegetationens tillväxt ökar vid ökad markkvävehalt och att lavars abundans och diversitet minskar till följd av konkurrens från fältvegetationen.

Mer specifikt undersöker vi hypoteserna att:

- Antalet lavararter och lavbiomassan minskar med ökad markkvävehalt.
- Biomassan hos fältskikt och dess enskilda fältskiktsarterna ökar med ökad markkvävehalt.
- Biomassan i trädsiktet ökar med ökad markkvävehalt.
- Markkvävehalten påverkar lavarna (biomassa och artantal) indirekt genom att öka biomasstillväxten i fält- och trädsiktet.

MATERIAL OCH METOD

Tjeggelvas är ett 328 km² stort naturreservat beläget 60 km norr om Arjeplog. Reservatet bildades 1988 och domineras av tallskog av typen tall-lavhed/lingontallskog (Länsstyrelsen Norrbotten 2012; Rydin m.fl. 1999). Området ligger i den subarktiska klimatzonen som präglas av korta svala somrar följt av långa kalla vintrar (Josefsson m.fl. 2010). Terrängen är kuperad med riklig förekomst av sjöar, vattendrag och klapperstensfält från senaste istiden. Skogen domineras av tall (*Pinus sylvestris*) och vårtbjörk (*Betula pendula*) med inslag av gran (*Picea abies*), al (*Alnus incana*) och sälg (*Salix caprea*). Fältskiktet består till största del av lingon (*Vaccinium vitis-ideae*), blåbär (*Vaccinium myrtillus*) och kråkbär (*Empetrum nigrum*). I botten-skiktet finns främst renlav (*Cladonia spp.*) samt vägg- (*Pleurozium schreberi*), hus- (*Hylocomium splendens*) och kvastmossa (*Dicranum spp.*). Rester från två samiska sommarvisten (fig. 1), belägna vid sjöarna Munka- och Bläckajaure, vittnar om tidigare samisk aktivitet i området. Kulturspår på träd och mark har dokumenterats och daterats till 1616-1899. De senaste 100 åren har området varit obebott.

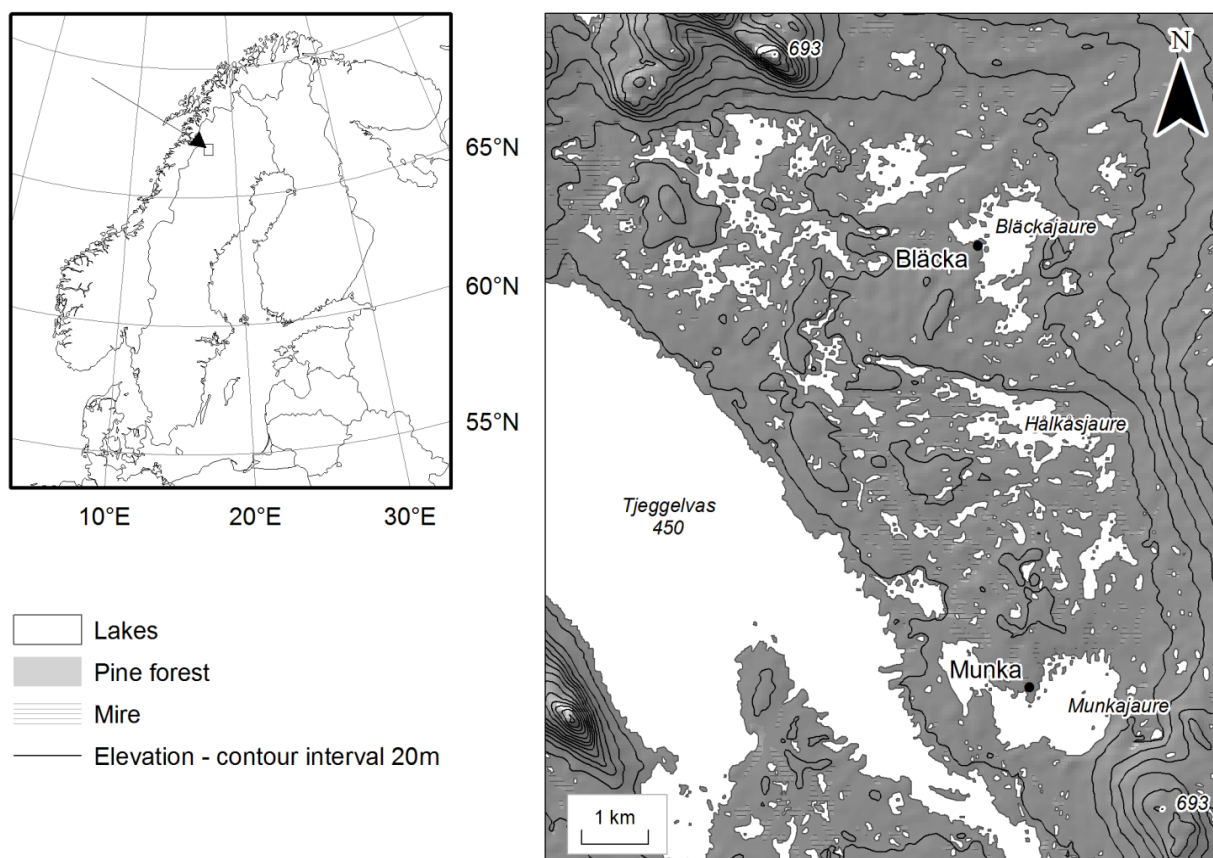


Fig. 1. Karta över Tjeggelvasområdet med två samiska sommarvisten, Bläcka och Munka, markerade (•). Karta: Torbjörn Josefsson 2012.

Fig. 1. Map of Tjeggelvas area with two sami settlement, Bläcka and Munka, marked with (•). Map by: Torbjörn Josefsson 2012.

Studien baserades på fältdata insamlad i Tjeggelvas naturreservat och genomfördes under juni-augusti 2011. Data samlades in från fyra näringsrika cirkelprovytor (radie = 30m) i anslutning till de två boplatserna vid Bläckajaure (HÖG 1 (a, b)) och Munkajaure (HÖG 2 (a, b)) samt från fyra näringsfattiga cirkelprovytor på 500m avstånd från dessa (LÅG 1 & 2(c, d)) (fig.2). För att undvika att cirkelprovytorna påverkade varandra lades provytorna inom boplatserna ut med ett minimumavstånd på 50m mellan provytecentrum. Cirkelprovytorna

utanför boplatserna placerades på samma höjd över havet, marktyp och fuktklass som de inom boplatserna. I cirkelytorna mättes brösthöjdsdiametern på samtliga träd ned till 1cm Ø med klave och diametermåttband. Biomassa beräknades sedan med Marklunds biomassfunktioner för tall, gran och björk (L. G. Marklund, *Biomassfunktioner för Tall, Gran och Björk I Sverige* (Sveriges Lantbruksuniversitet)).

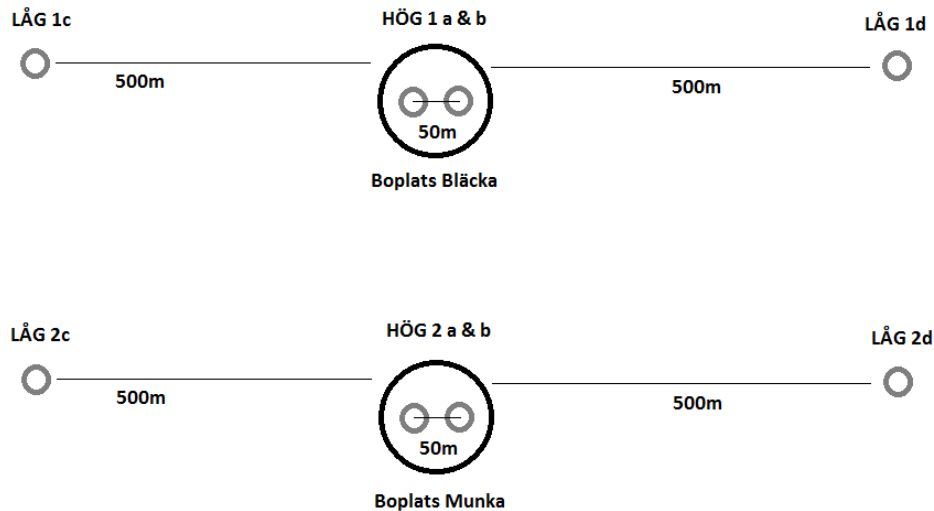


Fig. 2. Skiss över provvyornas placering i förhållande till boplatserna.

Fig. 2. Sketch of the position of the plots relative to the settlements.

På cirkelprovytorna fördelades sex kvadratiske provytor (30x30cm) slumpvis, i vilka man handplockade det totala fält och bottenkiktet. Färska växtdelar (ej rötter) sorterades i papperspåsar som märktes med datum och art (fältskiktet) eller klass (t.ex. lavar, mossor). Växterna torkades under 3 dygn i 60°C och vägdes sedan med 0,1 grams noggrannhet. Samtliga markväxande (ej på block eller död ved) lavararter över hela cirkelprovytan registrerades och artbestämdes m.h.a. "Lichens of Great Britain and Ireland" (Smith 2009) och "Norsk lavflora, 2 utg." (Holien & Tønsberg, 2009).

För att analysera kvävehalten i humuslagret togs humusprover med en sågtandad jordborr (d=4cm), från sju slumpvis utvalda punkter inom varje cirkelprovyta (dock ej inom kvadrattyterna). Humuslagret separerades visuellt från övrig jord och de sju proverna slogs ihop till ett bulkprov och förvarades i plastpåsar i kylväskor. Proverna torkades i 60°C under 3 dygn och skickades sedan till labb där kvävehalten erhöles.

För att säkerställa att markkvävehalten på rika och fattiga ytor skiljer sig statistiskt och att bosättningarna inte skiljer sig åt så gjordes en GLM univariat ANOVA med näringsstatus som fixfaktor och bosättning som slumpfaktor. Analysen gjordes i SPSS statistics 19. För att analysera hur kvävehalten förhåller sig till samtliga arters biomassa, fältskiktets sammanlagda biomassa samt den totala vegetationens biomassa, utfördes en korrelationsanalys varvid P-värde och "Pearsons correlation coefficient" erhöles. Lavdiversitet korrelerades mot kvävehalt. Lavdiversitet och lavbiomassa korrelerades mot samtliga arters biomassa. För att testa den statistiska säkerheten hos intressanta samband utfördes enkla linjära regressioner på variabler som uppvisade signifikanta samband med både lavantal, lavbiomassa och kvävehalt. Korrelationer och regressioner gjordes i Minitab 16 Statistical Software. Data visualiserades i grafer, tabeller och diagram. Standardavvikelser (STDEV) beräknades i Excel.

RESULTAT

Kvävehalten i humuslagret på de näringsrika ytorna ($1,044 \pm 0,004$ %) i anslutning till bosättningarna var signifikant ($P \leq 0,05$) högre än på de näringsfattiga cirkelprovytorna ($0,799 \pm 0,0105$ %) på 500 meters avstånd från bosättningarna (fig.3). Ingen signifikant skillnad fanns mellan bosättningarna ($P = 0,128$).

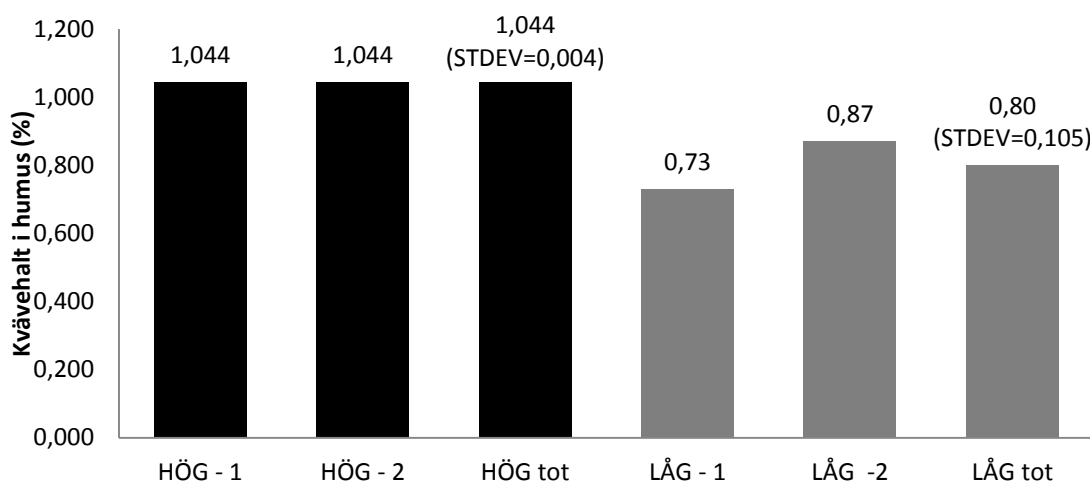


Fig. 3. Medelvärden av markkvävehalten i humus (%) från näringsrika cirkelprovytor på respektive bosättning (HÖG 1 & 2), på näringsfattiga ytor 500 m från bosättningarna (LÅG 1 & 2) samt från samtliga näringsrika (HÖG tot.) och näringsfattiga (LÅG tot.) ytor.

Fig. 3. Average nitrogen level (%) in humus layer on nitrogen rich plots on the settlements (HÖG 1 & 2), on nitrogen deficient plots 500 m distance from the settlements (LÅG 1 & 2) and all nitrogen rich (HÖG tot.) and nitrogen deficient (LÅG tot.) plots.

Lavbiomassan skilde sig signifikant åt mellan näringsrika och näringsfattiga ytor (fig. 4). På de näringsrika cirkelprovytorna ($6,22 \pm 7,75$ g/m²) uppmättes en signifikant lägre ($P = 0,015$) lavbiomassa än på de som näringsfattiga ytorna ($184,29 \pm 60,84$ g/m²).

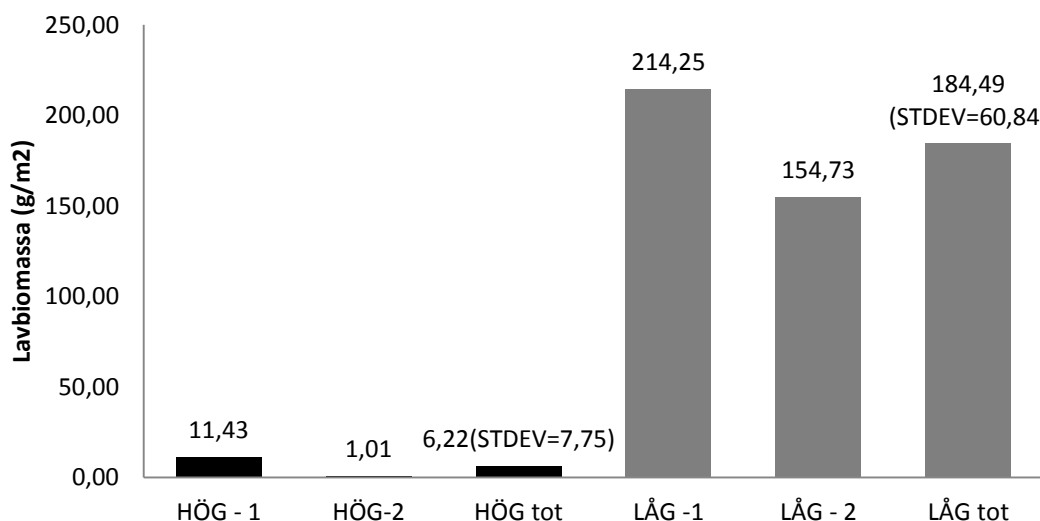


Fig. 4. Marklavars biomassa (g/m²) på samtliga näringsrika (svart) och näringsfattiga (grå) cirkelprovytor.

Fig 4.. Biomass of terricolous lichens (g/m²) on all nitrogen rich (black) and nitrogen deficient (grey) plots.

Antalet lavararter inom cirkelprovytorna var signifikant färre på kväverika provytor jämfört med kvävefattiga (fig.5a) Sju av 12 lavararter (58 %) fanns bara på kvävefattiga ytor (tabell 1). Endast två arter (*C. arbuscula* och *C. rangiferina*) förekom på samtliga kväverika och kvävefattiga ytor. Ett negativt samband mellan antal lavararter och kvävehalt i humus kunde påvisas.

Tabell 1. Registrerad förekomst av marklavar (X) på cirkelprovytorna

Table 1. Terricolous lichen species registered on the plots. Presence marked with X

Cirkelprovyta	HÖG (1a)	LÅG (1c)	HÖG (1b)	LÅG (1d)	HÖG (2a)	LÅG (2c)	HÖG (2b)	LÅG (2d)	Antal ytor
<i>Cladina arbuscula</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	8
<i>C. rangiferina</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	8
<i>C. stellaris</i>		X		X					2
<i>Cladonia cornuta</i>		X				X			2
<i>C. uncialis bicialis</i>						X		X	2
<i>C. amaurocraea</i>	X	X	X	X		X			5
<i>C. sulphurina</i>		X		X					2
<i>C. coccifera</i>		X				X	X	X	4
<i>C. bellidiflora</i>				X					1
<i>Nephroma arcticum</i>	X	X	X			X			4
<i>Peltigera aptosa</i>				X				X	2
<i>Stereocaulon</i> spp.		X		X		X		X	4
Totalt antal arter	4	9	4	8	2	8	3	6	

Lavarnas abundans och diversitet korrelerade signifikant med fältskiktets sammanlagda biomassa, lingonbiomassan (fig. 5b) och björkbiomassan. Signifikanta samband fanns inte med biomassan av tall, blåbär, mossa eller kråkbär (tabell 2). Då avvikande cirkelprovyta HÖG-2b på prov uteslöts vid korrelationsberäkningar fanns även svaga signifikanta samband mellan lavarnas artantal och biomassa och blåbärsbiomassan ($P=0,048$, $P=0,044$). För övriga arter saknades fortfarande signifikans.

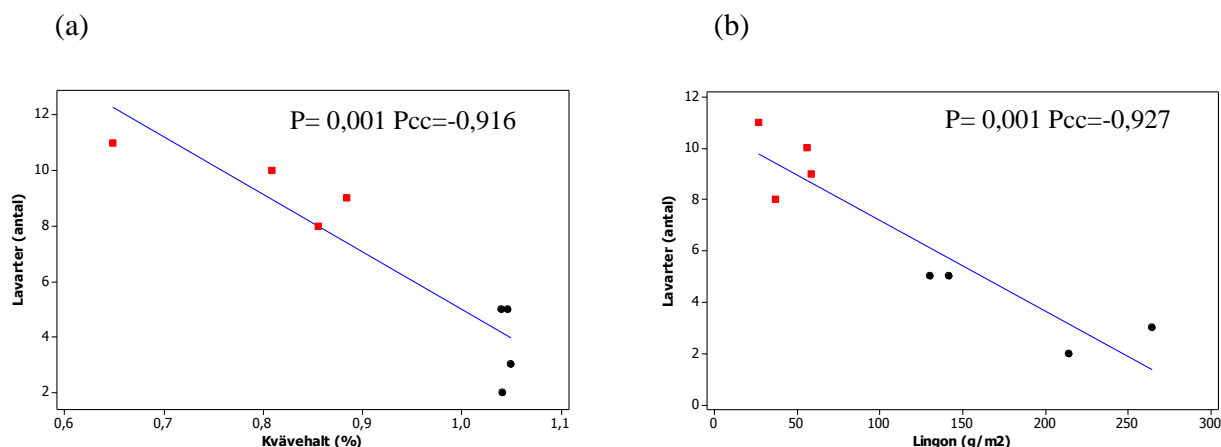


Fig. 5. Enkla linjära regressioner mellan antal marklavararter och markkvävehalt (%) (a) respektive lingonbiomassa (g/m^2) (b). Röd fyrkant = cirkelprovytor med låg näringsstatus (LÅG), Svart cirkel = cirkelprovytor med hög näringsstatus (HÖG). Pcc = Pearsons korrelationskoefficient.

Fig. 5. Simple linear regressions of number of terricolous lichen species correlated to ground nitrogen level (%) and biomass of lingonberry (g/m^2) respectively. Red squares indicate high nitrogen levels (HÖG) and black circles indicate low nitrogen levels (LÅG). Pcc= Pearsons correlation coefficient.

Tabell 2. P-värden och Pearsons korrelationskoefficient (pcc) för samtliga mätvariabler korrelerade med marklavarnas artantal och biomassa samt markkvävehalt. Signifikanta värden i fetstil

Table 2. P-value and Pearsons correlation coefficient (pcc) for the measurement variables correlated with number of terricolous lichen species, lichen biomass and nitrogen levels in humus layer. Significant values in bold

Korrelerade variabler	Lavarter (antal)		Lavbiomassa (g/m ²)		Kvävehalt (%)	
	P-värde	Pcc-värde	P-värde	Pcc-värde	P-värde	Pcc-värde
Fältskikt (g/m ²)	0	-0,947	0,018	-0,797	0,004	0,874
Lingon (g/m ²)	0,001	-0,927	0,016	-0,804	0,014	0,816
Total (g/m ²)	0,022	-0,783	0,058	-0,691	0,002	0,903
Björk (g/m ²)	0,046	-0,714	0,03	-0,756	0,071	0,667
Blåbär (g/m ²)	0,082	-0,649	0,061	-0,685	0,098	0,672
Mossa (g/m ²)	0,608	-0,216	0,333	-0,395	0,942	-0,031
Tall (g/m ²)	0,725	-0,149	0,939	-0,032	0,445	0,317
Kråkbär (g/m ²)	0,188	0,519	0,072	0,664	0,368	-0,369
Lav (g/m ²)	0,004	0,878			0,015	-0,809
Lavarter (antal)					0,001	-0,916

Vegetationens totala biomassa dominerades på samtliga cirkelprovytor av trädslagen tall (*P. sylvestris*) och björk (*Betula spp.*) (tabell 3) och ökade med ökad kvävehalt. Cirkelprovytan HÖG-2b skiljde ut sig som en kväverik yta med låg biomassa, mycket björk och lite tall. Det fanns inget signifikant samband mellan kvävehalt och tallbiomassa respektive björkbiomassa när samtliga cirkelprovytor togs med i korrelationsberäkningen (tabell 2). Sambandet förbättrades något när HÖG-2b uteslöts. Signifikans kunde då påvisas för tall (P=0,022) men inte för björk (P=0,066). Fältskiktet, bestående av blåbär (*V. myrtillus*), lingon (*V. vitis-idaea*) och kråkbär (*E. nigrum*) hade en sammanlagd biomassa som var signifikant högre på kväverika- än på kvävefattiga cirkelprovytor (tabell 2 & 3). Vid korrelationsberäkningar mellan enskilda arter och markkvävehalt kunde signifikant samband endast påvisas för lingon (tabell 2). Mellan mossans biomassa och kvävehalten på cirkelprovytorna fanns inget signifikant samband.

Tabell 3. Medelvärden hos vegetationens biomassa (g/m²) från näringsrika (HÖG 1 & 2) cirkelprovytor från respektive bosättning och näringsfattiga (LÅG 1 & 2) ytor på 500 m avstånd från bosättningarna samt från samtliga näringsrika (HÖG tot.) och näringsfattiga (LÅG tot.) ytor

Table 3. Average biomass (g/m²) of vegetation on nitrogen rich plots on the settlements (HÖG 1 & 2), on nitrogen deficient plots 500 m distance from the settlements (LÅG 1 & 2) and all nitrogen rich (HÖG tot.) and nitrogen deficient (LÅG tot.) plots

Art / Biomassa (g/m ²)	HÖG - 1	HÖG - 2	HÖG tot	LÅG - 1	LÅG - 2	LÅG tot
Totalt	8722,15	8203,16	8462,65	5027,17	7552,86	6290,01
Tall	6092,88	4356,25	5224,56	3840,06	4356,25	5054,81
Björk	2045,76	3077,25	2561,50	494,81	677,35	586,08
Fältskikt	324,88	400,24	362,56	180,97	228,24	204,61
Lingon	135,83	239,45	187,64	41,28	47,44	44,36
Blåbär	112,39	95,55	103,97	46,67	78,07	62,37
Kråkbär	72,91	53,45	63,18	93,03	102,73	97,88
Mossa	247,21	368,40	307,81	297,08	222,96	260,02
Lav	11,43	1,01	6,22	214,25	154,73	184,49

Hypotesprövning med hjälp av enkla linjära regressioner visade att vårt dataset inte uppfyller kraven för korrelationer eller linjära regressioner.

DISKUSSION

Resultatet av studien indikerar att en ökad kvävehalt i marken leder till färre marklavar när det samtidigt tillväxer mer fältvegetation på växtplatsen. Det är i linje med vår huvudhypotes; att en förändrad lavflora och abundans av lavar sker indirekt genom konkurrens med omgivande vegetation. Vi är övertygade om att en ökad näringsstatus i marken inte ger någon direkt negativ påverkan på lavarna eftersom lavar saknar rötter och därmed har ett begränsat näringsutbyte med marken.

Lavarerna som vi identifierat i den här studien kommer från fem släkten, *Stereocaulon*, *Peltigera*, *Nephroma*, *Cladina* och *Cladonia* och släktenas särdrag återspeglas i våra resultat. *Stereocaulon spp* är utpräglat primära lavararter (Carlin & Silväng 1982) som enbart registrerades på kvävefattiga cirkelprovytor. Liknande distribution uppvisade den kvävefixerande och störningskänsliga arten *P. aphtosa* (Hylander & Esseen 2005). *N. arcticum* är en fuktälskande art som registrerades på två kväverika och två kvävefattiga ytor. Sveriges vanligaste cladinaarter, *C. arbuscula* och *C. rangiferina*, återfanns på samtliga ytor, till skillnad från primärarten *C. stellaris* som bara registrerades på kvävefattiga ytor. *Cladonia spp.* är ett artrikt släkte med hög variation (Carlin 1981) som på våra ytor förekom på allt från en till fem ytor, både på näringsfattig och på näringsrik mark. Av detta kan vi dra slutsatsen att de olika lavarerna uppvisar skillnader i abundans i kväverika miljöer på grund av olika habitatkrav.

Vid ståndortsbonitering indikerar lavmark näringsbrist och ersätts i nämnd ordning av ristyp, grästyp, lågört och högört med stigande näringstillgång (Häggkvist & Lundmark 1991). På våra cirkelprovytor uppnås ristyp med inslag av gräs och det finns en signifikant korrelation mellan fältvegetationens biomassa och markkvävehalten. Lingon, blåbär och kråkbär återfanns på samtliga cirkelprovytor men kvävehalten är bara signifikant kopplad till lingonbiomassan. Det tyder på att lingonsrisets biomassa ger störst utslag i korrelationen mellan fältskikt och markkväve och att det totala fältskiktets biomassa kan ersättas av lingonbiomassan i våra beräkningar. På kväverika ytor hade lingon betydligt större biomassa än blåbär och kråkbär. Det motsäger resultatet av Torsell & Tunstalls studie (2004) där blåbär ersatte lingon vid högre näringstillgång. På näringsfattiga ytor dominerade kråkbär och blåbär var mer abundant än lingon trots att blåbärsrisets biomassa, precis som lingonbiomassan, minskade med minskad markkvävehalt (ej signifikant). Anledningen till detta oväntade resultat kan vara att blåbärens distribution påverkats av fler faktorer än den genomgående låga näringstillgången, till exempel topografi och blockighet. Dessutom kan den slumpvisa fördelningen av delprovytor ha påverkat fördelningen mellan lingon och blåbär på näringsrika respektive näringsfattiga ytor eftersom risen växte fläckvis snarare än jämnt fördelat över cirkelprovytorna. Signifikansen som uppstår då den avvikande ytan HÖG-2b på prov avlägsnas från urvalet indikerar att blåbärens biomassa eventuellt hade korrelerat med kvävehalten om vi hade använt oss av fler cirkelprovytor.

Lavarnas biomassa uppvisade stora skillnader mellan ytor med mycket och lite fältvegetation och det fanns en signifikant korrelation mellan lingonens biomassa och antalet lavararter. Det matematiska sambandet är väntat eftersom kväve korrelerar med både lavarnas och lingonens biomassa, dessutom visar tidigare studier (Okasanen 2006) att lavar är känsliga för konkurrens. Våra resultat säkerställer dock inte att lingonbiomassan och fältskiktet i praktiken påverkar lavbiomassan negativt. För att visa om markkvävehalten främst påverkar marklavarna indirekt via konkurrens med fältskiktet eller om det finns en direkt koppling

mellan kväve och lav skulle vi behöva genomföra ett försök där fältskiktet på näringsrika respektive näringsfattiga ytor avlägsnas under längre tid.

Lavar begränsas till stor del av trädskiktets krontäckning och kan därmed inte leva i tät skog (Torsell & Tunstall 2004). Vi fann inget signifikant samband mellan trädskiktets sammanlagda biomassa och lavförekomsten vilket kan förklaras av att skogen i Tjeggelvas är genomgående gles och domineras av gamla tallar som har långsam tillväxt. Det gör att tallarnas biomassa till största delen sitter i stammarna och inte i krontaket vilket medför ett tillräckligt ljusinsläpp för att gynna lavtillväxten. Björkarna i området är däremot växtkraftiga och ofta buskartade med stor lövbiomassa vilket ger en signifikant påverkan på lavarnas abundans. Att lavarna påverkas av björken kan dock inte kopplas till markens näringsstatus eftersom sambandet mellan kvävehalt och björkbiomassa inte är signifikant. Inte heller förekomsten av tall, som är vanlig på samtliga försöksytor, tycks bero på näringshalten i marken. Det kan förklaras av att andelen tall och björk till viss del styrts av samernas plockhuggning som utfördes fram till sent 1800-tal och gynnade björk framför tall (Josefsson m.fl. 2010; Aronsson 1991).

Vårt försök utfördes i en mager tallskog med låg störningsregim. Resultatet kan inte överföras på en generell svensk skogsmark som ofta utsätts för kraftig påverkan av bland annat skogsbruk och sura nedfall (Statistiska centralbyrån 2000). Det bör snarare ses som en indikation på hur en uthållig lavmark kan reagera vid tillskott av mindre mängder kväve. De förhöjda kvävehalterna i Tjeggelvas uppkom för mer än 100 år sedan på de boplatser där skogssamerna bodde och verkade. Kväveinnehållet varierar mindre på de kväverika ytorna (STDV 0,004) än på de kvävefattiga (STDV 0,0105) vilket kan innebära att samerna valde ut boplatser med avvikande vegetation och naturlig högre näringsstatus. Tidigare forskning varken bekräftar eller dementerar den teorin. Urvalet skedde troligtvis främst utifrån jakt- och fiskemöjligheter samt renbetestillgång (Aronsson 1991). Samernas aktiviteter, som gav upphov till fiskrens, avskräde och matavfall, har däremot bevisligen ökat näringshalten i marken nära bosättningen vilket gör att vi kan bortse från eventuella ursprungliga skillnader.

Tramp och hårt renbete ledde sannolikt till att lavarna försvann på områden nära de samiska boplatserna. Samma typ av störning sker än idag på lavrika renbetesmarker. Vanligtvis tar det mellan 10-25 år för en lavmark att återhämta sig efter en störning (Gustavsson 1989). Den långvariga avsaknaden av lavar (>100år) på våra näringsrika försöksytor kan bero på kombinationen av avlägsnat lavtäck och kvävetillförsel. Kärleväxter missgynnas av näringsbrist och koloniserar näringsfattiga växtplatser först om kvävehalten i marken höjs. När ris och gräs etableras försvåras återväxten av konkurrenssvaga lavar. Idag är skogsmarksgödsling en vanlig skötselåtgärd i det svenska skogsbruket. Gödslingen höjer markens näringsstatus och förbättrar trädens tillväxt men påverkar lavarna negativt. Vi anser att det är svårt att kombinera ökad produktion av biomassa i trädskiktet med bibehållen lavförekomst. Därför är det viktigt att bevara näringsfattiga skogar som genom utglesande skogsbruksåtgärder gynnar lavabundansen och därigenom renskötseln.

Vi har samlat in data från åtta cirkelprovytor vilket är en ovanligt liten stickprovsstorlek. För att bestämma antalet provytor som krävs för säkra statistiska beräkningar bör antalet mätvariabler multipliceras med tio³. Med det måttet hade vi behövt 140 ytor för att få ett säkert statistiskt underlag för våra slutsatser med spridningsmått och normalfördelning. Eftersom vi enbart har åtta observerade ytor får en avvikande cirkelprovnya stor inverkan på

³ Enligt Anders Muszta, statistisk rådgivare på biostokastikum, SLU i Umeå, 11/4-2012.

beräkningarna. Om vi skulle ha utfört en liknande studie igen hade vi valt fler och mindre cirkelprovytor samt fler och större kvadratprovytor inuti cirkelprovytorna för att få säkrare statistiska beräkningar. Istället för att omvandla trädsiktets grundyta till biomassa med hjälp av Marklunds biomassafunktioner hade vi uppskattat krontäckningsgraden. Den har större påverkan i konkurrensen med de ljuskänsliga lavarna. Vi hade även uppskattat täckningsgraden för fältvegetationen eftersom biomassan inte beskriver dess spridning över ytorna.

Trots att ett litet dataset medför viss statistisk osäkerhet bör våra slutsatser anses sannolika. Våra resultat överensstämmer med den etablerade åsikten att lavar är känsliga för faktorer som höjer markens kvävestatus och därmed ökar skogens produktivitet. Tidigare forskning visar att lavar reagerar med minskad abundans och förändrad artsammansättning vid gödsling, att lavar är svaga i konkurrenssituationer och missgynnas vid ökad marknäring, markfuktighet och krontäckning samt att mänsklig aktivitet i skogen har en negativ inverkan på lavarnas abundans och diversitet. Vår studie bidrar med insikten att en ståndortsförändring från lavmark till ris-, gräs- eller örtyyp, kommen från närvaron av ett naturfolk såsom beskrivs av Aronsson (1991), kan bestå i mer än hundra år. Den väcker även frågan om kvävetillförsel i samband med en mekanisk störning påverkar lavarna mer än kvävetillförsel på ostörd lavmark. Våra resultat ger idag tyngd åt argumenten mot gödsling på lavmark inom renbetesområden. De pekar också på vikten av att lämna naturlig, opåverkad skog för att främja lavar och andra konkurrenskänsliga arter. Dessa årgärder är viktiga om *konventionen om biologisk mångfald 2010* ska uppfyllas och naturvårdsverkets miljömål "Levande skogar" och "Ett rikt växt och djurliv" ska nås. Slutsatsen i den här studien är att kvävetillförsel som gynnar tillväxten av fältskiktsarter leder till minskad abundans och diversitet hos marklavar, att ökad biomassa hos arter i fältskiktet har en koppling till minskad lavförekomst och att biomassan i trädsiktet saknar betydande påverkan på lavarna om träden växer glest.

TILLKÄNNAGIVANDEN

Vi vill tacka Gregoire Freschet för att vi fick använda hans data och för att han tog sig tid att svara på alla våra frågor. Utan honom hade arbetet inte varit möjligt.

Vi vill dessutom tacka alla forskare på SLU som bidragit med god handledning i arbetet: Anders Muszta, Jun Yu och Magnus Ekström som gett råd och god hjälp med statistiska beräkningar. Lars Östlund som bistått med kontakter, kartmaterial, litteraturtips och kompetens. Torbjörn Josefsson som ritat kartan över området. Samuel Routier som tog sig tid att besvara våra frågor om lavar. Därutöver alla andra som stöttat oss med goda råd.

Avslutningsvis vill vi tacka Anders Jäderlund, vår outtröttlige och ständigt lika positiva handledare som lagt ner mycket arbete på att stötta och kommentera oss.

REFERENSER

- Aronsson, K-Å. (1991), Forest reindeer herding A.D. 1-1800, Umeå (*Rapport/ Archaeology and environment*, 10).
- Berg, A. Östlund, L. Moen, J. Olofsson, J. (2008), A century of logging and forestry in a reindeer herding area in northern Sweden. Umeå. (*Rapport/ SLU Forest Ecology and Management*, 256 (2008) 1009-1020)
- Björck, K. (2010). Renskötseln i Sverige ur ett historiskt perspektiv. Uppsala (*Rapport/ SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård.*)
- Carlin, G. (1981). Bägarlavarna (Cladonia, undersläktet Cladonia). Karlsson, T. (red.) *Svensk botanisk tidsskrift*, 75 (1981), 261-396. Stockholm: Naturvetenskapliga forskningsrådet.
- Carlin, G & Carlin-Silväng, C. (1982). De svenska Stereocaulon-arterna (påskislavar).
- Centrum för biologisk mångfald, CBM (2010). *Internationella året för biologisk mångfald 2010* [online]. Tillgänglig: http://www.slu.se/Global/externwebben/centrumbildningar/projekt/centrum-for-biologisk-mangfald/Dokument/publikationer/cbm/Faktablad/folder_bm_cbm_webb.pdf. [2012-04-02].
- Cornelissen, J.H.C. (2001). Global change and arctic ecosystems: is lichen decline a function of increase in vascular plant biomass? *Journal of ecology*, 89, 984-994.
- Crittenden, P.D. (1999). Aspects of the ecology of mat-forming lichens. *Rangifer*, 20 (2-3), 127-139.
- Ekelund, H. & Hamilton, G. (2001). Skogspolitisk historia. Jönköping: Skogsstyrelsen. (*Rapport/ Skogsstyrelsen*, 2001:8A).
- Eriksson, Å. & Moen, J. (2008). Effekter av skogsbruk på rennäringen – en litteraturstudie. Jönköping: Skogsstyrelsen. (*Rapport/ Skogsstyrelsen*, 2008:18).
- Gerhart, K. & Kellner, O. (1986). Effects of nitrogen fertilizers on the field- and bottomlayer species in some Swedish coniferous forests. Uppsala: Uppsala universitet. (*Rapport 1986:1/Växtbiologiska institutionen.*)
- Gries, C & Nash, T. H. (1996). *Lichen biology*. Nash, T. H. (red.) London: Cambridge University Press
- Gustavsson, K (1987). *Rennäringen: en presentation för skogsfolk*. Jönköping: Skogsstyrelsen
- Hollenman, D.F. Luick, J.R. White, R.G. (1979). Lichen intake estimates for reindeer and caribou during winter. *The Journal of Wildlife Management*, 43(1), 192-201.
- Hägglund, B. och Lundmark, J-E. (1994). *Bonitering markvegetationstyper skogsmarksflora*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Johansson, Å. (2009). *Den geologiska tidsskalan* [online]. Tillgänglig: <http://www.nrm.se/sv/meny/faktaomnaturen/geologi/jordklotetsutveckling/dengeologiskatidsskalan.1383.html>. [2012-04-02].
- de Jong, J. (2002). *Populationsförändringar hos skogslevande arter i relation till landskapets utveckling*. Uppsala: Centrum för Biologisk Mångfald. (*Rapport/ CBM:s skriftserie 7*).
- Josefsson, T .Gunnarson, B. Liedgren, L. Bergman, I. Östlund, L. (2010) Historical human influence on forest composition and structure in boreal Fennoscandia, *Canada Journal for Forest Resources* 40(2010), 872-884.
- Lantmäteriets vegetationsdata. (2008), *Kod 625 – Lavmarksbarrskog* [online]. Tillgänglig: http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/kartor_och_geografisk_info/GSD-Produktbeskrivningar/veg-data/Beskrivning_Veg-typer_1.1.pdf. [2012-04-02].
- Lindberg, N. & Persson, T. (2004). Effects of long-term nutrient fertilization and irrigation on the microarthropod community in a boreal Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management*, 188 (2004), 125-135.
- Länsstyrelsen i Norrbotten. (2012). *Tjeggelvas* [online]. Tillgänglig:

- <http://www.lansstyrelsen.se/norrboten/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/arjeplog/Pages/tjeggelvas.aspx>. [2012-04-02].
- Naturvårdsverket. (2012). *Ett rikt växt och djurliv* [online]. Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/16-Ett-rikt-vaxt--och-djurliv/>. [2012-04-02].
- Naturvårdsverket. (2012). *Levande skogar* [online]. Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/12-Levande-skogar/>. [2012-04-02].
- Marklund, L.G. (1988). Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Umeå. (*Rapport/ SLU Institutionen för Skogstaxering* 45, 73).
- Moberg, R & Holmåsen, I. (1990). *Lavar: en fälthandbok*. 3., rev. uppl. Stockholm: Interpublishing
- Okasanen, I. (2006). Ecological and biotechnological aspects of lichens. *Appl Microbiol Biotechnol*, 73(4), 723-34.
- Pharo, E. J, Beattie, A.J. Binns, D. (1999). Vascular plant diversity as a surrogate for bryophyte and lichen diversity. *Conservation Biology*, 13(2), 282-292.
- Routier, S. (2009). Managing reindeer lichen during forest regeneration procedures: Linking Sámi herders' knowledge and forestry. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (*Rapport/ SLU skogens ekologi och skötsel & French National Museum of Natural History.*)
- Ruoss, E. (1999). How agriculture affects lichen vegetation in central Switzerland. *Lichenologist*, 13 (1), 63-67.
- Rydin, H. Snoejis, P. Diekmann, M. (red.) (1999). Swedish plant geography: dedicated to Eddy van der Maarel on his 65th birthday. Uppsala: Svenska växtgeografiska sällskapet
- SOU, Statens offentliga utredningar (2006). *Samernas sedvanemarkar*. Stockholm: Edita Sverige AB.
- Torssell B.W.R & Tunstall B.R. (2004), *Analysis of competition in spruce-pine-birch communities in central Sweden* [online]. Tillgänglig: http://www.eric.com.au/docs/research/vegetation/spruce_pine_birch.pdf. [2012-02-26]
- Uotila, A. (2004), Vegetation patterns in managed and semi-natural boreal forests in eastern Finland and Russian Karelia, Joensuu: University of Joensuu. (*rapport / Faculty of Forestry*).